



Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Algoritma Perceptron Untuk Mengenali Pola Huruf Aksara Jawa

Khoirun Nisa¹, Sri Lestanti², Udkhiati Mawaddah³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Balitar

Email: *knisa1527@gmail.com

Abstrak

Latar belakang penelitian ini berawal dari kompleksitas aksara Jawa sebagai warisan budaya dan rendahnya penguasaan siswa di SMPN 01 Kanigoro terhadap materi tersebut, yang ditandai dengan kesulitan membedakan karakter dan minimnya motivasi belajar. Populasi dalam penelitian mencakup seluruh karakter aksara Jawa, dengan sampel berupa 160 citra dari 20 aksara Jawa dasar yang dibuat melalui proses penulisan manual dan digitalisasi. Tujuan penelitian adalah mengimplementasikan Jaringan Syaraf Tiruan dengan algoritma Perceptron untuk mengenali pola huruf aksara Jawa secara komputasional. Metode yang digunakan mencakup pengumpulan data citra, pelatihan model, dan evaluasi akurasi. Hasil pengujian menunjukkan pencapaian akurasi sebesar 72,92%. Simpulan penelitian membuktikan bahwa algoritma Perceptron layak diaplikasikan untuk pengenalan aksara Jawa, meskipun akurasi pada aksara dasar yang belum optimal mengindikasikan perlunya pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan data latihan atau eksplorasi arsitektur jaringan yang lebih kompleks..

Kata Kunci : Jaringan Syaraf Tiruan, Perceptron, Aksara Jawa, Pengenalan Pola, Matlab.

PENDAHULUAN

Aksara Jawa menempati posisi yang signifikan sebagai salah satu warisan budaya literasi Nusantara, khususnya dalam tradisi keraton di Yogyakarta dan Surakarta. Sebagai sistem penulisan yang memiliki karakteristik unik, pemahaman terhadap aksara ini tidak hanya penting untuk melestarikan khazanah budaya, tetapi juga menjadi kunci dalam mengakses naskah-naskah klasik serta memahami nilai-nilai filosofis yang terkandung di dalamnya (Primasasti, 2022). Dalam upaya sistematis untuk melestarikan dan mengembangkan aksara Jawa, Pemerintah telah mengintegrasikannya ke dalam kurikulum pendidikan sebagai muatan lokal wajib Bahasa Jawa di wilayah Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Jawa Timur. SMP Negeri 01 Kanigoro, sebagai salah satu institusi pendidikan yang memiliki komitmen terhadap kelestarian budaya, turut menerapkan kebijakan ini.

Meskipun menjadi bagian dari kurikulum, implementasi pembelajaran aksara Jawa di SMP Negeri 01 Kanigoro menghadapi kendala yang signifikan. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan guru pengampu pada tahun ajaran 2023/2024, tingkat penguasaan aksara Jawa peserta didik secara umum masih berada pada kategori cukup. Data kuesioner lebih lanjut menguatkan temuan ini, dengan persentase menunjukkan bahwa 60% siswa tidak mahir menulis aksara Jawa, dan 40% siswa memperoleh nilai yang tidak memuaskan serta mengalami kebingungan dalam langkah-langkah penulisan. Akar permasalahan ini antara lain bersumber pada rendahnya motivasi belajar siswa dan kompleksitas inherent aksara Jawa itu sendiri, yang memiliki perbedaan mendasar baik secara grafem maupun fonemis dengan alfabet Latin yang sudah lebih dulu dikuasai siswa.

Menanggapi tantangan tersebut, pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan menawarkan perspektif solusi yang inovatif. Jaringan Saraf Tiruan (JST), khususnya algoritma *perceptron* yang dikembangkan oleh Rosenblatt (1958), telah terbukti efektif dalam menangani tugas-tugas pengenalan pola (*pattern recognition*) yang kompleks. Algoritma ini memiliki kemampuan untuk belajar secara incremental dari sejumlah data input, menyesuaikan bobotnya secara terus-menerus untuk meningkatkan akurasi (Yanto dkk., 2018). Efektivitas Perceptron telah didemonstrasikan dalam berbagai penelitian, seperti pengenalan karakter latin dan angka (Akram dkk., 2020), yang menunjukkan peningkatan akurasi seiring dengan penambahan iterasi pelatihan. Oleh karena itu, pendekatan ini dinilai potensial untuk diadopsi dalam penelitian pengenalan pola karakter aksara Jawa dan (Rouza dkk., 2020), menerapkan JST untuk pengenalan pola jenis-jenis cacing nematoda usus berdasarkan citra yang discan. Penelitian ini menunjukkan aplikasi JST di bidang biologi, dengan kompleksitas pola visual yang berbeda.

Urgensi penelitian ini terletak pada permasalahan nyata di lapangan, yaitu rendahnya penguasaan siswa terhadap aksara Jawa di SMP Negeri 01 Kanigoro, yang ditandai dengan kesulitan mengenali karakter serta rendahnya motivasi belajar. Kondisi ini menunjukkan perlunya inovasi dalam metode pembelajaran berbasis teknologi yang interaktif dan

efektif. Dengan mengembangkan sistem pengenalan aksara Jawa menggunakan algoritma perceptron, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada bidang pendidikan dan teknologi informasi, tetapi juga berperan dalam pelestarian warisan budaya lokal. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu guru dan siswa dalam proses pembelajaran, memberikan solusi terhadap kesulitan membaca aksara Jawa, serta menjadi dasar pengembangan sistem pembelajaran digital berbasis kecerdasan buatan di masa depan

Penelitian ini memiliki gap yang jelas dibandingkan penelitian terdahulu. Berdasarkan kajian pustaka, sebagian besar penelitian sebelumnya menerapkan algoritma perceptron untuk pengenalan karakter pada huruf Latin, aksara Hijaiyah, hingga aksara Suku Karo. Penelitian oleh Desi Rahma Yani (2020), misalnya, berfokus pada pengenalan huruf aksara Karo menggunakan metode perceptron, sementara penelitian ini mengarahkan penerapan metode tersebut pada aksara Jawa, yang memiliki struktur dan pola visual jauh lebih kompleks. Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian (research gap) berupa kurangnya pengembangan sistem pengenalan aksara berbasis JST untuk jenis aksara daerah di Indonesia, khususnya aksara Jawa. Dengan demikian, penelitian ini menjadi langkah awal dalam memperluas penerapan algoritma perceptron untuk mendukung digitalisasi dan pelestarian bahasa serta budaya nusantara

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menerapkan jaringan syaraf tiruan (JST) menggunakan algoritma Perceptron dalam mengenali pola huruf aksara Jawa secara komputasional. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem dalam melakukan pengenalan pola terhadap berbagai bentuk aksara Jawa menggunakan perangkat lunak Matlab. Dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model yang mampu memahami dan mengenali karakteristik khas aksara Jawa secara akurat serta memberikan kontribusi terhadap proses pembelajaran dan pelestarian budaya Jawa di lingkungan pendidikan

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di dua lokasi berbeda dengan peran yang terpisah secara jelas:

1. Lokasi Pembuatan Dataset: Aktivitas utama pengumpulan data melalui pembuatan sampel tulisan tangan aksara Jawa dilakukan secara mandiri oleh peneliti di lokasi terpisah (tidak terikat dengan sekolah). Proses penulisan, digitalisasi, dan preprocessing citra dilaksanakan di ruang terkendali dengan fasilitas pribadi peneliti.
2. Lokasi Kontekstual: Sekolah SMPN 01 Kanigoro berperan eksklusif sebagai referensi konteks akademis untuk memahami tingkat pengetahuan umum siswa terhadap aksara Jawa, tanpa melibatkan pengambilan data langsung dari siswa. Tidak ada intervensi atau penggunaan responden dari sekolah dalam pembuatan dataset utama.

Waktu penelitian dilakukan mulai tanggal 8 Januari hingga 20 Agustus, mencakup periode yang cukup luas untuk memastikan keakuratan dan kelengkapan data.

Jenis dan Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan (*applied research*) yang bertujuan untuk mengembangkan solusi praktis guna mengatasi masalah kesulitan pengenalan pola aksara Jawa. Pendekatan yang digunakan adalah eksperimental, di mana sebuah model komputasi dirancang, diimplementasikan, dan kemudian diuji kinerjanya.

Metode utama yang digunakan adalah pengembangan model berbasis Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan algoritma Perceptron. Penelitian ini berfokus pada tahapan pembuatan dataset, pelatihan model, dan evaluasi model untuk tugas klasifikasi karakter aksara Jawa.

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer berupa citra tulisan tangan aksara Jawa yang dibuat khusus untuk pemodelan. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh karakter dalam sistem penulisan Aksara Jawa. Adapun sampel yang digunakan terdiri dari 20 karakter aksara Jawa dasar, di mana setiap karakter ditulis ulang sebanyak 8 kali pada kertas putih, sehingga total diperoleh 160 citra sebagai sampel data. Seluruh sampel tulisan tangan kemudian didigitalisasi melalui proses scan atau pemotretan dengan pencahayaan terkontrol untuk diubah menjadi citra digital yang siap diproses. Meskipun teknik lain seperti observasi dan studi pustaka digunakan sebagai pendukung analisis, data utama pemodelan bersumber dari dataset yang dibuat secara mandiri oleh peneliti untuk menjaga konsistensi dan kualitas data.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari perangkat keras yaitu laptop dengan spesifikasi memadai untuk pemrosesan data, kamera digital untuk digitasi sampel tulisan, perlengkapan menulis (kertas putih, pulpen) untuk pembuatan dataset dan perangkat lunak yang digunakan adalah software pemrograman *Matlab*

Tahapan Penelitian

1. Pembuatan Dataset: Tahap ini merupakan dasar dari keseluruhan proses. Seperti yang telah dijelaskan, 160 sampel citra karakter aksara Jawa dibuat secara manual. Setiap citra diberi label yang sesuai dengan karakter yang direpresentasikannya. Langkah ini memastikan ketersediaan data yang terstandarisasi untuk pelatihan dan pengujian model.

2. Preprocessing dan Ekstraksi Fitur: Data citra mentah diproses agar sesuai sebagai input untuk model Perceptron. Tahap ini mencakup:
 - a. Konversi *Grayscale*: Citra berwarna diubah menjadi citra skala abu-abu untuk menyederhanakan komputasi.
 - b. *Thresholding (Binarization)*: Citra grayscale diubah menjadi citra biner (hitam-putih) untuk memisahkan objek (aksara) dari latar belakang.
 - c. Deteksi tepi Prewitt : Pada tahap ini, operator deteksi tepi *Prewitt* diterapkan pada citra biner. Tujuannya adalah untuk mempertegas *outline* atau batas-bentuk dari setiap karakter aksara Jawa. Operator *Prewitt* menggunakan dua kernel konvolusi (untuk arah horizontal G_x dan vertikal G_y) untuk mendeteksi perubahan intensitas piksel yang tajam, yang merepresentasikan tepi objek. Dengan menonjolkan fitur tepi ini, diharapkan model dapat lebih mudah mempelajari pola struktural karakter yang khas.
 - d. *Resizing*: Seluruh citra dinormalisasi ke ukuran piksel yang seragam (30x30 piksel) untuk menjaga konsistensi input.
3. Penerapan Algoritma *Perceptron*: Tahap ini merupakan inti pemodelan. Penerapan algoritma *Perceptron* dirancang melalui langkah-langkah berikut:
 - a. Perancangan Arsitektur: Jumlah unit input pada model *Perceptron* ditentukan oleh panjang vektor fitur. Model akan memiliki satu output yang mewakili kelas karakter tertentu dalam skenario *one-vs-all*.
 - b. Inisialisasi: Bobot (*weights*) dan bias diinisialisasi dengan nilai acak yang kecil atau nol.
 - c. Pelatihan (*Training*): Model dilatih menggunakan sebagian dataset (data latih). Untuk setiap sampel, dilakukan perhitungan *net input*. *Output* model diprediksi menggunakan fungsi aktivasi *hard limit*
 - d. Pengujian (*Testing*): Model yang telah dilatih diuji menggunakan data uji (sisa dataset yang tidak digunakan untuk pelatihan) untuk mengukur akurasi klasifikasinya.
 - e. Kriteria Berhenti: Pelatihan dihentikan ketika semua sampel latih diklasifikasikan dengan benar atau iterasi maksimum tercapai.
4. Analisis Hasil: Kinerja model dievaluasi berdasarkan metrik akurasi yang dihasilkan selama fase pengujian. Analisis lebih mendalam dilakukan terhadap karakter-karakter yang sering salah dikenali untuk memahami kelemahan model.
5. Kesimpulan: Tahap akhir berupa penarikan kesimpulan mengenai efektivitas algoritma *Perceptron* dalam mengenali pola aksara Jawa berdasarkan hasil analisis. Kesimpulan juga memuat implikasi dan saran untuk pengembangan di masa depan.

Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan sistem komputasi yang terinspirasi dari mekanisme kerja sistem saraf biologis manusia. Model ini dibangun berdasarkan representasi matematis dari proses kognitif, dengan prinsip dasar bahwa pemrosesan informasi dilakukan oleh unit-unit elementer yang dinamakan neuron. Dalam arsitektur JST, transmisi sinyal antar neuron dilakukan melalui koneksi sinaptik yang masing-masing memiliki nilai bobot tertentu. Pada setiap sel saraf, fungsi aktivasi diterapkan pada hasil jumlah sinyal terbobot yang masuk untuk menentukan keluaran (Lesnussa dkk., 2017)

Algoritma Perceptron

Sebagai model jaringan saraf sederhana, perceptron bekerja dengan mengatur parameter bebas melalui mekanisme pembelajaran. Arsitekturnya yang terdiri dari satu lapisan memungkinkan penyesuaian bobot secara dinamis, menjadikannya efektif untuk menyelesaikan masalah klasifikasi linear. Karakteristik ini membuat perceptron menjadi solusi ideal untuk pemisahan pola secara linier. (Priyatno dkk., 2022).

Pengolahan Citra Digital

Citra digital merepresentasikan bentuk visual dari objek nyata dalam format numerik yang dapat diproses oleh sistem komputasi. Secara struktural, citra ini tersusun atas matriks piksel - elemen gambar terkecil yang terorganisir dalam grid dua dimensi (baris dan kolom). Setiap unit piksel mengandung nilai digital yang merepresentasikan atribut visual seperti intensitas cahaya atau informasi warna pada lokasi spesifik dalam citra (Dijaya, 2023).

Citra Biner

Citra biner merupakan jenis citra digital dengan karakteristik khusus dimana setiap pikselnya hanya dapat memiliki dua nilai intensitas, umumnya direpresentasikan sebagai hitam (0) dan putih (1). Dalam literatur teknis, citra ini sering disebut sebagai citra hitam-putih atau citra monokromatik. Representasi datanya sangat efisien karena hanya memerlukan satu bit untuk setiap piksel. Proses binarisasi citra melibatkan penentuan threshold (ambang batas) intensitas keabuan, dimana piksel dengan nilai intensitas di atas threshold akan dikonversi menjadi 1 (putih), sedangkan yang di bawah threshold menjadi 0 (hitam). Mekanisme konversi ini memungkinkan penyederhanaan citra kompleks menjadi representasi biner yang lebih mudah dianalisis (Hatta & Susrama, 2017).

Deteksi Tepi Prewitt

Operator Prewitt merupakan salah satu teknik pendeteksian tepi yang efektif dalam pengolahan citra digital. Metode ini bekerja melalui proses konvolusi antara citra asli dengan kernel Prewitt berukuran 3×3 yang mengandung nilai $[-1, 0, +1]$. Proses komputasi melibatkan penjumlahan hasil perkalian antara intensitas piksel dengan nilai kernel pada setiap wilayah 3×3 citra. Area dengan gradien intensitas tinggi yang dihasilkan dari operasi ini kemudian diidentifikasi sebagai tepi objek dalam citra (Anggelina, 2018).

Aksara Jawa

Aksara Jawa merupakan Aksara yang digunakan oleh masyarakat Jawa sejak jaman dulu. Aksara Jawa berkembang pada masa kejayaan kerajaan Majapahit. Ketika imperium Islam mulai memasuki tanah Jawa, format dan susunannya berubah seperti yang dikenali sekarang yang disebut Hanacaraka karena susunannya berbunyi ha, na, ca, ra, ka....dan seterusnya (Widodo, 2022).

Matlab

Matlab merupakan lingkungan komputasi teknis berbasis array multidimensi yang menyederhanakan manipulasi data tanpa perlu mengelola memori secara manual. Platform ini secara khusus dirancang untuk menyelesaikan permasalahan komputasi numerik kompleks terkait operasi matriks dan aljabar vektor secara efisien - suatu tantangan yang cukup rumit jika diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman tingkat rendah seperti Pascal, C, atau Basic.(Tjolleng, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data Citra

Dalam penelitian ini, pengumpulan data citra dilakukan dengan mengumpulkan sampel tulisan tangan aksara Jawa yang kemudian diambil dalam bentuk foto. Setiap karakter aksara Jawa yang menjadi objek penelitian terdiri dari 20 aksara dasar. Setiap karakter memiliki 8 sampel tulisan tangan yang berbeda. Pemilihan jumlah 8 sampel per karakter didasarkan pada hasil eksperimen awal yang menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan. Pengujian dengan 5 sampel hanya menghasilkan akurasi sebesar 20%, sedangkan penggunaan 6 sampel meningkatkan akurasi hingga 50%. Oleh karena itu, diputuskan untuk menggunakan 8 sampel per karakter untuk mencapai representasi data yang lebih baik dan akurasi yang lebih optimal. Proses pengambilan data dilakukan dengan memastikan kondisi pencahayaan yang cukup dan latar belakang yang konsisten untuk meminimalisir noise. Selanjutnya, citra-citra tersebut akan melalui tahap pra-pemrosesan seperti *resizing*, konversi ke *grayscale*, dan normalisasi sebelum digunakan untuk pelatihan algoritma *Perceptron*. Dengan demikian, diharapkan dataset yang dihasilkan mampu merepresentasikan beragam bentuk tulisan tangan aksara Jawa secara akurat. Berikut data citra dari 20 aksara Jawa.

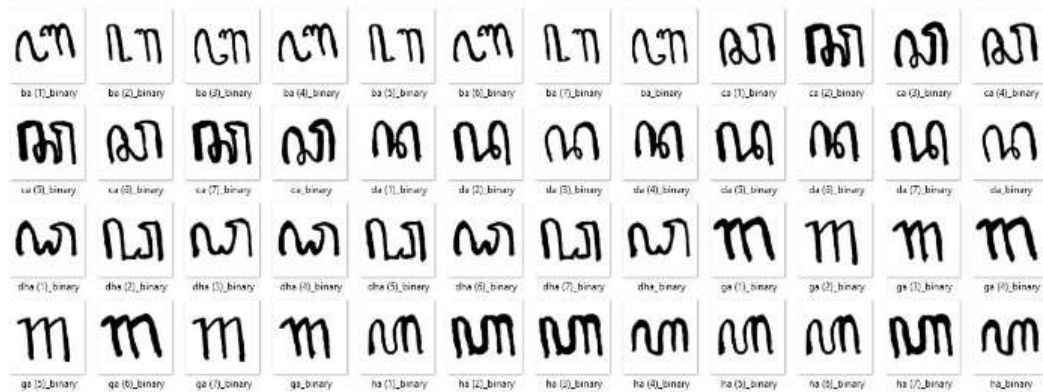


Gambar 1. Data Citra Aksara Jawa

Proses Pengolahan Citra

1. Binerisasi (*Thresholding*)

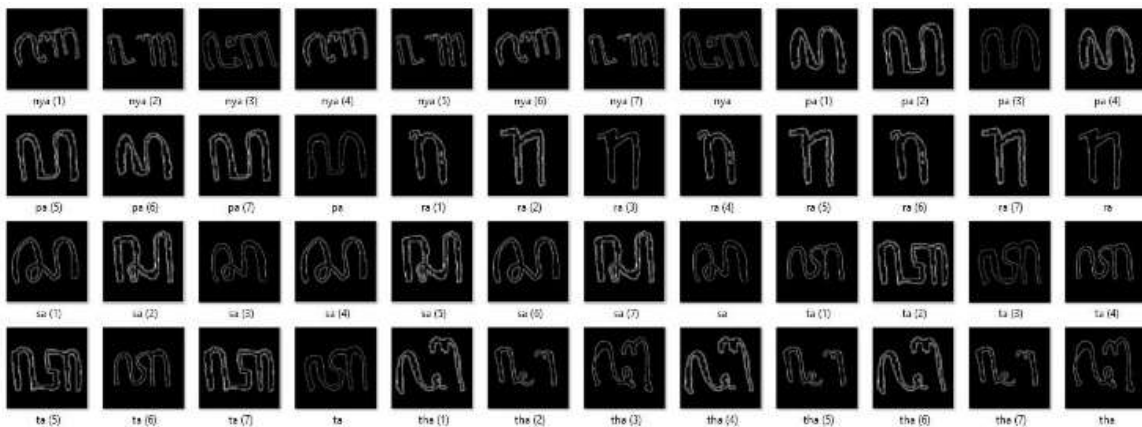
Proses binerisasi merupakan tahap kritis dalam praproses citra yang bertujuan mengkonversi gambar *grayscale* menjadi citra biner (hitam-putih) untuk memisahkan objek (aksara) dari latar belakang. Pada penelitian ini, metode *Otsu Thresholding* dipilih karena kemampuannya menentukan nilai *threshold* optimal secara otomatis dengan memaksimalkan variasi inter-kelas antara pixel *foreground* (aksara) dan *background*.



Gambar 2. Hasil Binerisasi Data Citra Aksara Jawa

2. Deteksi Tepi Prewitt

Prewitt berfungsi untuk mengidentifikasi batas (*edge*) antara objek dan latar belakang dalam sebuah citra. Berfungsi untuk mengidentifikasi garis, sudut, dan bentuk dalam citra, mengidentifikasi goresan tinta dalam aksara Jawa yang memiliki ketebalan bervariasi, membantu membedakan aksara dari latar belakang kertas atau tekstur. Berikut hasil dari citra biner yang telah diproses dengan deteksi tepi *prewitt*.



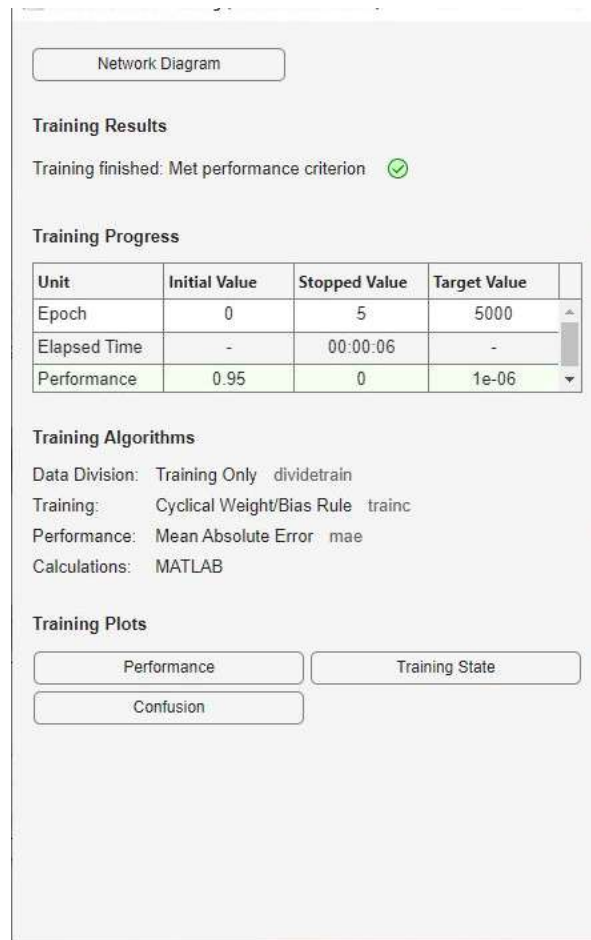
Gambar 3. Hasil Deteksi Tepi *Prewitt* Binerisasi Aksara Jawa

3. Resize Citra Gambar

Pemilihan ukuran 30×30 piksel untuk melatih Jaringan Saraf Tiruan (JST) Perceptron didasarkan pada beberapa pertimbangan teknis yang penting. Pertama, ukuran ini menawarkan keseimbangan optimal antara detail gambar dan kompleksitas komputasi. Dengan resolusi 900 piksel (30×30), gambar masih mempertahankan fitur-fitur penting dari aksara Jawa yang diperlukan untuk pengenalan pola, sementara menjaga dimensi input pada tingkat yang dapat dikelola oleh arsitektur *Perceptron* sederhana. Ukuran yang lebih besar akan meningkatkan beban komputasi secara signifikan tanpa memberikan peningkatan akurasi yang sepadan, terutama untuk model sederhana seperti *Perceptron*.

Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Perceptron

1. Neural Network Training



Gambar 4. Neural Network Training Matlab Aksara Jawa

Gambar yang ditampilkan menunjukkan hasil pelatihan jaringan saraf tiruan (JST) menggunakan perangkat lunak *Matlab*. Berdasarkan informasi pada bagian *Training Results*, proses pelatihan telah berhasil diselesaikan dengan indikator “*Met performance criterion*”, yang menunjukkan bahwa kriteria kinerja yang telah ditentukan sebelumnya berhasil dipenuhi. Proses pelatihan hanya berlangsung selama 6 detik dan berhenti pada *epoch* ke-5 dari maksimal 5000 *epoch* yang disediakan, menandakan bahwa jaringan mencapai performa optimal dalam waktu yang relatif singkat. Kinerja jaringan diukur menggunakan metode *Mean Absolute Error (MAE)*, dengan nilai awal performa sebesar 0,95 dan mencapai nilai 0 saat pelatihan dihentikan, yang berarti kesalahan absolut rata-rata pada data pelatihan dapat ditekan secara signifikan selama proses pelatihan berlangsung.

2. Hasil Testing

```
Command Window
=== METRIK UNTUK SEMUA 20 AKSARA JAWA ===
Aksara | Precision | Recall | F1-Score
-----|-----|-----|-----
ha      | 1.00      | 0.38   | 0.55
na      | 1.00      | 1.00   | 1.00
ca      | 0.00      | 0.00   | 0.00
ra      | 1.00      | 1.00   | 1.00
ka      | 1.00      | 1.00   | 1.00
da      | 1.00      | 1.00   | 1.00
ta      | 0.40      | 1.00   | 0.57
sa      | 1.00      | 1.00   | 1.00
wa      | 1.00      | 1.00   | 1.00
la      | 1.00      | 1.00   | 1.00
pa      | 1.00      | 1.00   | 1.00
dha     | 0.50      | 1.00   | 0.67
ja      | 0.00      | 0.00   | 0.00
ya      | 1.00      | 0.50   | 0.67
nya     | 0.00      | 0.00   | 0.00
ma      | 1.00      | 1.00   | 1.00
ga      | 1.00      | 1.00   | 1.00
ba      | 1.00      | 1.00   | 1.00
tha     | 1.00      | 0.25   | 0.40
nga     | 0.00      | 0.00   | 0.00

=== RINGKASAN ===
Akurasi Model: 72.92%
Rata-rata F1-Score: 0.69
>>
```

Gambar 5. Hasil Testing Pengenalan Pola di Matlab

Gambar yang ditampilkan merupakan hasil evaluasi performa model klasifikasi terhadap 20 aksara Jawa dengan menggunakan metrik *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Masing-masing aksara diuji secara individual untuk mengetahui sejauh mana model mampu mengklasifikasikan karakter dengan benar. Dari data yang ditampilkan, terlihat bahwa sebagian besar aksara seperti “na”, “ca”, “ra”, “ka”, dan sebagainya memiliki nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* sebesar 1.00, yang menunjukkan performa sangat baik dan akurasi prediksi yang tinggi. Namun, terdapat pula beberapa aksara seperti “ha”, “tha”, dan “ya” yang memiliki nilai *recall* rendah (misalnya *recall* pada “ha” hanya 0.38 dan pada “tha” hanya 0.25), yang mengindikasikan bahwa model sering gagal mengenali atau memprediksi aksara tersebut dengan benar meskipun *precision*-nya tetap tinggi.

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun model memiliki akurasi keseluruhan sebesar 72.92%, terdapat ketidakseimbangan dalam performa pengenalan tiap aksara. Hal ini terlihat dari rata-rata *F1-score* yang hanya mencapai 0.69, yang berarti performa harmonis antara *precision* dan *recall* masih belum optimal. Ketidakseimbangan ini dapat disebabkan oleh distribusi data pelatihan yang tidak merata, kurangnya representasi fitur yang kuat pada aksara tertentu, atau adanya kemiripan visual antar karakter yang menyebabkan ambiguitas dalam proses klasifikasi. Sebagai contoh, aksara “tha” yang memiliki *F1-score* terendah sebesar 0.40 menunjukkan bahwa model memiliki kesulitan dalam mengenali karakter tersebut, meskipun *precision*-nya cukup tinggi, artinya prediksi yang benar memang akurat namun tidak cukup sering terjadi (*recall* rendah).

3. Pembahasan

Berdasarkan proses telah dijelaskan, dapat dilihat bahwa kualitas dan kuantitas data yang digunakan dalam penelitian ini telah mempertimbangkan aspek-aspek fundamental dalam pengembangan sistem pengenalan pola. Komposisi dataset yang mencakup aksara dasar menunjukkan upaya untuk membuat sistem yang komprehensif, mengingat masing-masing jenis aksara memiliki karakteristik visual yang unik dan tingkat kerumitan yang berbeda.

Peningkatan akurasi dari 20% (pada 5 sampel) menjadi 50% (pada 6 sampel) kemudian menjadi 8 sampel per karakter merupakan indikasi yang jelas tentang pentingnya volume data dalam pelatihan model jaringan saraf tiruan. Fenomena ini sesuai dengan teori machine learning bahwa model yang kompleks seperti perceptron (dalam kapasitasnya sebagai building block dari JST) memerlukan data yang cukup untuk dapat belajar pola yang mendasari dan umum, bukan hanya menghafal contoh yang terbatas (memorization). Dengan 8 sampel, model memiliki lebih

banyak variasi untuk dipelajari, sehingga kemungkinan untuk bergeneralisasi dengan baik pada data baru yang belum pernah dilihat (unseen data) menjadi lebih tinggi.

Secara keseluruhan, metodologi pengumpulan data yang telah dilakukan telah solid dan didukung oleh justifikasi eksperimental. Hasil awal yang menunjukkan sensitivitas akurasi terhadap jumlah data merupakan sebuah pembahasan yang kritis dan jujur, yang justru menguatkan analisis bahwa bidang ini memerlukan dataset yang besar dan beragam untuk mencapai performa yang optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan jaringan saraf tiruan dengan algoritma Perceptron telah berhasil mengenali pola 20 aksara Jawa dasar dengan tingkat akurasi sebesar 72,92%. Hasil ini menunjukkan bahwa algoritma Perceptron mampu berfungsi sebagai klasifier sederhana yang efektif untuk tugas pengenalan karakter aksara Jawa, meskipun terdapat kompleksitas struktural dan kemiripan bentuk antaraksara. Proses pengenalan yang meliputi tahapan input data, pembobotan, penambahan bias, dan penerapan fungsi aktivasi hard limit terbukti menghasilkan output yang sesuai dengan target klasifikasi. Namun, variasi akurasi yang muncul mengindikasikan bahwa tingkat kompleksitas bentuk dan konsistensi pola penulisan menjadi faktor penentu kinerja model. Temuan ini membuktikan kelayakan algoritma Perceptron sebagai dasar pengembangan sistem pengenalan aksara Jawa, meskipun masih diperlukan optimasi pada preprocessing data dan arsitektur model untuk meningkatkan akurasi secara menyeluruh. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan arsitektur jaringan multilayer atau CNN guna meningkatkan kemampuan sistem dalam mengenali pola non-linear, serta menambah jumlah dan variasi data citra agar model dapat beradaptasi terhadap bentuk tulisan tangan yang lebih beragam. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan dasar bagi pengembangan media pembelajaran digital aksara Jawa yang lebih interaktif dan adaptif, sehingga dapat membantu siswa memahami bentuk dan pola aksara secara lebih mudah sekaligus mendukung pelestarian budaya lokal melalui pendekatan teknologi kecerdasan buatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, R., Novianda, Muttaqin, K., & Dinata, R. K. (2020). Sistem Pengenalan Huruf Latin Dengan Metode Perceptron Berbasis Neural Network. *Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, 5(1), 206–211. <https://doi.org/https://doi.org/10.30743/infotekjar.v5i1.2351>
- Anggelina, A. F. (2018). Pengenalan Pola Tulisan Tangan Huruf Jepang (Hiragana) Menggunakan Metode K-Nearest Neighbour. *Simki-Techsain*, 2(2).
- Bhahri, S., & Rachmat. (2018). Transformasi Citra Biner Menggunakan Metode Thresholding Dan Otsu Thresholding. *e-Jurnal JUSITI (Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi)*, 7(2), 196–203. <https://doi.org/10.36774/jusiti.v7i2.254>
- Hatta, M., & Susrama, I. G. (2017). Counting Sperma Aktif Menggunakan Metode Otsu Threshold Dan Local Adaptive Threshold. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(1), 47–54. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1067713>
- Lesnussa, Y. A., Sinay, L. J., & Idah, M. R. (2017). Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Ambon. *Jurnal Matematika Integratif*, 13(2), 63. <https://doi.org/10.24198/jmi.v13.n2.11811.63-72>
- Primasasti, A. (2022, April 21). *Aksara Jawa dan Sejarahnya dalam Lingkungan Pemerintahan Kota Surakarta*. <https://surakarta.go.id/?p=24165>.
- Priyatno, S. B., Prakoso, T., & Riyadi, M. A. (2022). Classification of motor imagery brain wave for bionic hand movement using multilayer perceptron. *SINERGI*, 26(1), 57–64. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2022.1.008>
- Rouza, E., Jufri, & Fimawahib, L. (2020). Implementasi Metode Perceptron Untuk Pengenalan Pola Jenis-Jenis Cacing
- Tjolleng, A. (2017). *Pengantar pemrograman MATLAB: Panduan praktis belajar MATLAB*. Elex Media Komputindo.
- Widodo, A. A. (2022, Desember 8). *Meningkatkan Motivasi Belajar Peserta Didik dalam Menulis Aksara Jawa*. <https://www.kompasiana.com/akhmadarifuddinwidodo6696/639133ace1a167329577b572/meningkatkan-motivasi-belajar-peserta-didik-dalam-menulis-aksara-jawa>.
- Yani, D. R. (2020). Penerapan jaringan syaraf tiruan dalam pengenalan huruf aksara suku karo dengan metode Perceptron. *J. Inf. Sist. Res*, 1(3), 109-114.
- Yanto, M., Sovia, R., & Mandala, E. P. W. (2018). Jaringan Syaraf Tiruan Perceptron untuk Penentuan Pola Sistem Irigasi Lahan Pertanian di Kabupaten Pesisir Selatan Sumatra Barat. *Sebatik*, 22(2), 111–115.